便携式调频广播值机监听报警器设计与实现

摘　要：通过分析不同播出状态下的波形图，采用 DDS 技术提取音频特征量，设计出一台便携式调频广播值机监听报警器，实现了开关机、停播、无音频状态下的报警，以确保在“有人留守、无人值机”模式下实时监控广播发射台播出状态，及时发现处理故障，提升播出水平。设备体积小，方便携带，使得留守人员能够在第一时间发现故障问题并及时处理，最大程度减小停播和劣播。

关键词：安全播出；调频广播；值机监听；报警器
中图分类号：TN931.3　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2019）08-115-04　　**DOI：**10.19483/j.cnki.11-4653/n.2019.08.039

文 / 林演员

随着自动化技术的发展应用和人力成本的增加，传统广播值机模式已经不能适应现代社会的发展步伐。本项目主要针对我台调频广播值机值班工作提出来的，机房很小且在一个小山上，值机员无法在机房 24 小时值班。为提高安全播出水平，我们进行了电源、发射机、节目信号等设备的主备自动切换改造，实现了“有人留守、无人值机”模式，节省了人力成本。为保证留守人员在从事其他工作的同时能够及时监测广播播出情况，我们研发出了便携式调频广播值机监听报警器。此报警器体积小，如同携带一部手机一样，非常轻便，实现开关机、停播、无音频等各种故障状态下发出警报声和指示灯，留守人员可以随时随地监测播出情况，且不用一直监听节目，只有出现问题才会发生警报，彻底解决了值机员长期听节目容易产生疲惫厌烦的状况，大大缩短了发现处理故障问题的时间，提高了留守值机的效率和安全播出水平。

1. 报警器的功能设计

根据工作实际，我们对报警器的功能进行设计，主要实现 6 大功能：报警功能，对发射机运行状态检测，实现故障报警，这是核心功能；设置功能，对监听频率、时间、报警阈值等进行设置，实现通用性；监听功能，对节目状态进行监听；故障指示，采用不同颜色对不同类型故障进行显示；显示功能，采用液晶屏对报警器各种状态进行显示；充电功能，采用锂电池供电。

1.1 发射机运行状态检测

我台正式播音时间为 6:30–24:00，发射机经自动化改造后实现早上 6:20 自动开机，凌晨 0:10 自动关机。根据节目播出时间，我们把一天 24 小时发射机的运行状态分为关机、开机未播音、开机播音三个状态，如图 1 所示四个阶段。

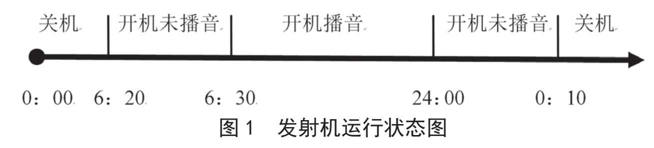


图 1　发射机运行状态图

一是开关机的检测。实现对发射机开、关机状态的检测报警，包括早上是否提前自动开机、节目开播后有无非正常关机、晚上播音结束后是否正常关机。以我台播出时间为例：6:20—0:10，发射机处于开机状态，如果 6:20 以后发射机未开机或者中间出现停电、机器故障等导致关机，报警器应该发出未开机报警。0:10–6:20 发射机处于关机状态，如果此时间段发射机自动开机，报警器应当发出报警。

二是节目播出状态检测。在平时播出过程中，发射机正常开机，节目播出常出现的故障现象主要包括节目中断、无音频输出或声音过小等。因此，报警器要实现对这些故障的检测报警。例如：6:30–24:00 节目应该正常播出，在这段时间里，如果出现静音状态，报警器应该发出警报，提醒无音频播出。

1.2 报警类型指示

为了使值机员便于观察故障类型，对不同的报警类型采用指示灯分类，当报警声音出现后，相应故障的指示灯也会闪烁，当留守人员发现报警后可以关掉声音，指示灯保持闪烁，可以通过指示灯知道故障类型。

1.3 节目监听功能

为进一步确定节目播出质量，报警器具备收听电台节目的功能，能调节音量大小。

1.4 显示功能

采用液晶显示器对信号大小、电池电量、时钟、频率、报警器开关等状态进行显示。

1.5 设置功能

为实现通用性，应具备广播频率设置、播出时间设置、信号阀值设置、声音阀值设置、开关报警声音设置等功能。

1.6 充电功能

为便于携带，报警器的体积要小巧，而且电源供应要方便，续航时间要长，且具备充电功能，随时随地可以进行充电。

2. 报警器关键技术原理

在报警器需要实现的功能当中，发射机运行状态检测是关键技术，在一些现代化程度比较高的机房采用 PLC 对发射机的参数进行采样，通过电脑实时检测报警，但这只是固定在机房，人无法离开。比较先进的是依靠网络将采样后的参数传输到 PDA 设备中，也可实现相应功能，但设备较昂贵，传输受网速和设备影响，实用性不高。为实现我们需要的功能，我们根据多年的故障处理经验对相关技术进行研究，提出一种新的解决办法，从接收端实时监控节目播出情况。首先获取不同播出状态下的音频波型图，然后提取相应的特征，根据特征进行检测，实现报警功能。

2.1 特征量分析提取

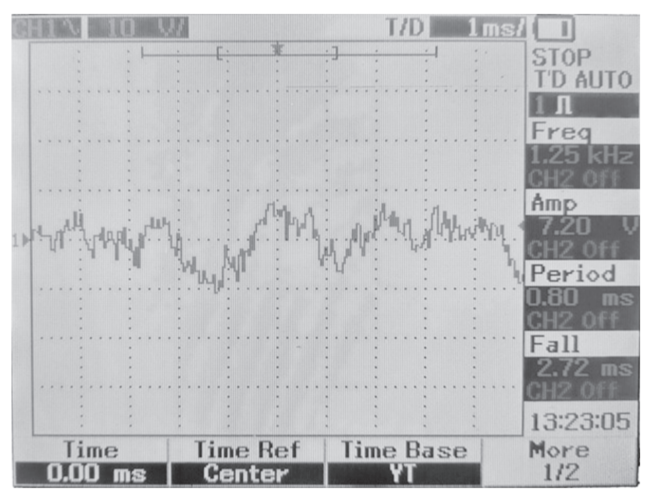


图 2　关机状态下波型图

为实现报警器检测功能，我们使用收音机接收同一个调频频率后通过示波器获取在关机状态、开机未播音状态和开机播音状态下产生的声音波型图，研究其波型特点，找出每一种状态下的波型规律，提取独有的特征量。

图 2– 图 4 是 10ms 期间的三种状态下的波型图，从图中我们可以很清晰地判断发射机在各种状态下波型规律有明显的差别，可以提取出相应特征量。通过收音机接收模块，将调频广播信号进行解调后得到语音信号，作合适的滤波后送至 Microchip 高性能单片机 PIC16F917 进行处理，经过 AD 采样之后提取出离散数值，通过计算各个离散值的公差判断当前的工作状态。

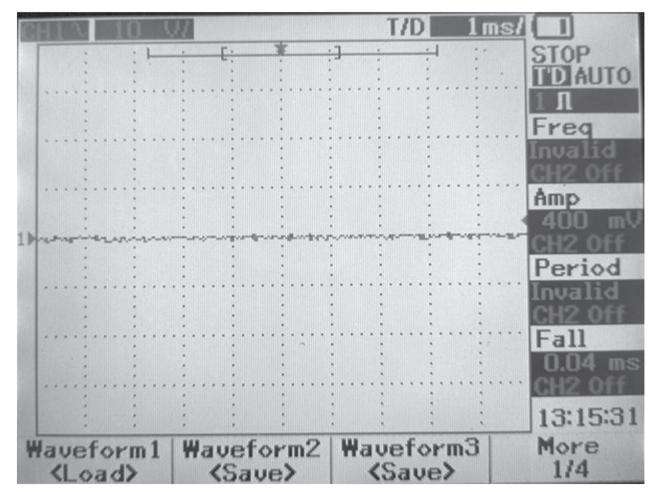


图 3　开机未播音状态下波型图

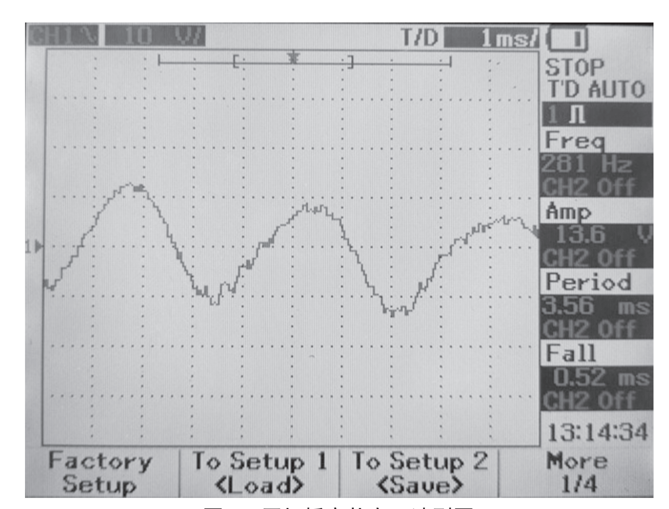


图 4　开机播音状态下波型图

2.2 信号检测原理

收音机模块输出的信号经过 PIC16F917 单片机的模数转换后，每 1ms 获取 256 个离散值，对这些数值进行求公差计算。当发射机开机时，信号强，获取的公差计算值大，当发射机关机时，信号很弱，获取的公差计算值比较小，且这个数值比较固定。我们把这个数值作为参考，根据实际情况设定合适的信号阀值，然后对求取

公差与信号阀值进行比较，当公差值小于信号阀值时，说明信号很弱，将启动报警，为了防止误报警，我们设定一个缓冲时间，提高了报警精确度。

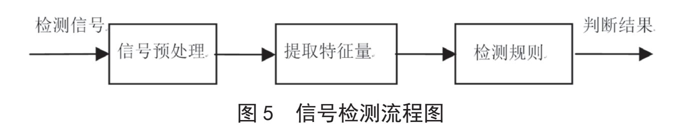


图 5　信号检测流程图

2.3 声音检测原理

在信噪比不是很低的情况下，根据语音信号能量大于噪声信号能量的情况，通过比较输入信号能量与语音能量阀值的大小，可以对语音段和非语音段加以区分。具体实现：将收音机模块输出的模拟信号输入到芯片，芯片内部对信号作合适的滤波处理后，取得比较平稳的线性度，在程序上每 1ms 扫描一次输入信号，当输入值大于设置声音阀值时，则计数器清 0；反之，计数器加 1，当计数器达到了设置时间阀值时，则将启动报警。

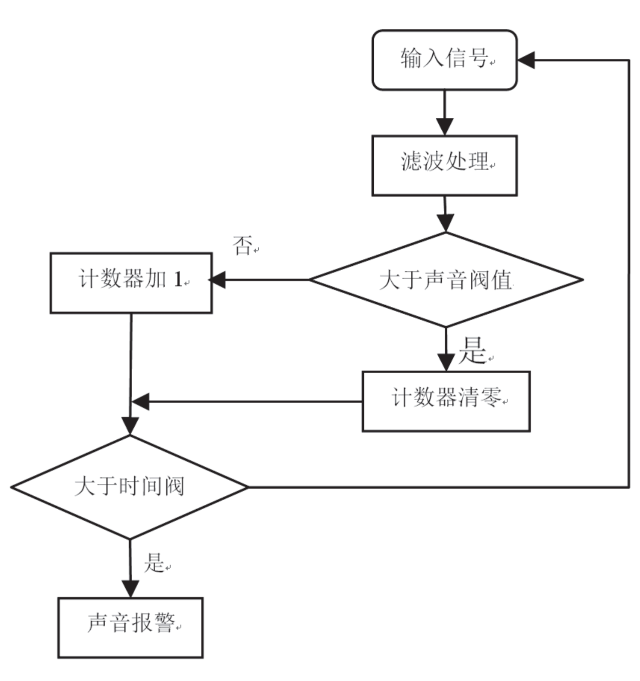


图 6　无音频报警检测流程图

3. 报警器设计实现

为实现报警器通用性，需要考虑以下几点：一是检测原理与机器设备无关，只要根据发射台播出的频率设置报警器的接收频率，就可以检测节目播出情况；二是可根据每个发射信号强度和节目音频特点进行设定报警值，达到精确报警；三是外观设计要小巧，人机交互要友好。

3.1 硬件组成

监听报警器由 PIC16F917 单片机、调频收音机模块、音频功放模块、PCF8563 时钟芯片、按键、LCD 显示模块等构成。由于我们扫描音频的间隔很短，运算量比较大，采用 PIC16F917 高性能单片机提高报警电路稳定性，它具有高性能、高精度、低功耗等特点。PIC16F917 单片机作为整个报警器主要部件，所有部件与单片机 PIC16F917 相连接，并通过各自的通信方式与单片机进行数据交换。调频收音机模块是主要将接收的信号输出给单片机用于检测。声音的输出通过一个单 8 通道数字控制模拟电子开关 CD4051，单片机通过控制 CD4051 的二进制输入端 B、C 来选择信号输入，并通过 OUT 脚输出到功放模块放大后通过扬声器输出。使用 PCF8563 时钟芯片对时间进行管理，让报警器能够实现多时间段报警，以及控制报警延迟，完成各种复杂的定时服务。监听报警器采用单节 4.2V 大容量充电电池代替多节干电池供电，设计电路充电电路。监听节目与报警喇叭共用一个扬声器，大大缩小报警器的体积，便于携带。

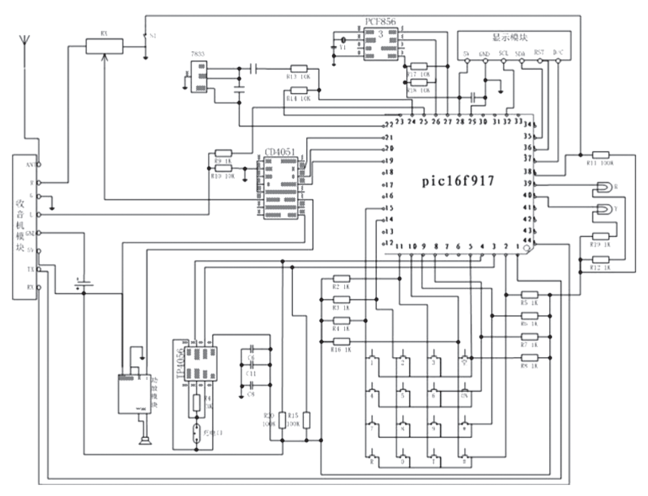


图 7　便携式调频广播监听报警器设计图

3.2 实现技术

收音机模块输出的信号经过电阻 R9，将电流信号转化为电压信号，随后输入到 PIC16F917 单片机的 25 脚。单片机的 25 脚是模数转换（ADC）端口，该端口由 1 个带有输入切换开关的模拟积分器、1 个比较器和 1 个计数单元构成，芯片内部采用双积分法对信号进行模数转换，通过两次积分输入的模拟电压转换成与其平均值成正比的时间间隔。对转换后的信号进行估算，获取 256 次 10 位的数字信号值，然后求平均值，求得 256 次信号与平

均值的公差。当信号比较强时，获取的公差计算值比较大；反之，当信号比较弱时，获取的公差计算值比较小。所有公差值相加，除以检测次数，得到信噪比。将信噪比与信号阀值进行比较，当信噪比小于信号阀值 5 时（＜2S），则将启动报警。程序采用 C 语言编写，获得信噪比方法如下：

```
unsigned int Data[255]; // 获取 255 个数据
unsigned long SUM_DATA; // 得到 255 数据总和值
unsigned int AVG_DATA; // 得到 255 数据的平均值
bit S_IF; //255 数据获取完毕
AVG_DATA=SUM_DATA>>8; // 得到平均值
SUM_DATA=0;
unsigned long GC_DATA; // 得到 255 数据公差的总和值
GC_DATA=0;
unsigned char ik;
if (ik=0; ik++; ik<255)
{
if (Data[ik]>AVG_DATA)
{
GC_DATA=GC_DATA+Data[ik]-AVG_DATA;
}
else
{
GC_DATA=GC_DATA+AVG_DATA-Data[ik];
}
}
SNR=GC_DATA>>8; // 得到信噪比
```

3.3 主要技术参数

监听报警器提供多种参数设置，实现通用性，可设置接收频率、开机时间、关机时间、开始播音时间、结束播音时间，任何一个调频广播电台都可通过这些设置实现对本单位发射台播出情况的监听报警。另一方面报警器也提供了信号阀值、声音阀值和静音间隔等检测值的设置，可根据实际情况提高报警准确性。主要技术指标与参数：规格大小：10CM*6CM*2cm；频率范围：87MHz—107MKHz；时间设置：0:00–23:59；信号阀值设置：5–45；声音阀值设置：5–99；静音缓冲时间设置：5–99；电压： 3.7–4.2V；续航能力：未开监听节目状态下 48 小时，监听节目状态根据音量大小变化。



图 8 便携式调频广播监听报警器

结语

便携式广播值机监听报警器投入使用后，值机员随身携带方便，在平时可以开启喇叭监听节目播出情况，在工作、开会、学习等时间只要关闭喇叭，出现播出异常情况，报警器就会响起，并且通过两个指示灯可以直接判断出是音频节目故障还是发射机故障，显示直观，报警准确，运行稳定，各项功能达到设计要求。在有人留守、无人值机的情况下，加快发现故障的速度，缩短恢复播出时间，减轻了留守人员的工作压力，提高了安全播出水平。此报警器具有技术成熟、性能稳定、检测灵敏、便携性强、通用性高等特点，用户只要进行一些参数设置就可用于任何地方的调频广播电台，可批量生产并在全国广播电台系统推广。媒

参考文献

[1] 刘坤，宋戈，赵红波 .51 单片机 C 语言应用开发技术大全 [M]. 北京：人民邮电出版社，2008：176–464.

[2] 张洪润，孙锐，张亚凡 . 单片机原理及应用 [M]. 北京：清华大学出版社，2008：223–302.

（作者单位：福建厦门海峡之声广播电台）